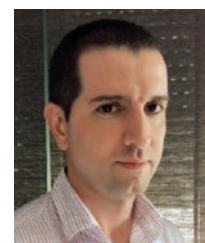


Revitalizacija plinovoda DN 200/50 Kozarac–Stružec fleksibilnim cijevima

DN 200/50 Kozarac–Stružec pipeline rehabilitation by flexible pipes

Ivan Fugaš dipl. ing.
PLINACRO d.o.o.
ivan.fugas@plinacro.hr



Ključne riječi: revitalizacije, plinovod, fleksibilne cijevi

Key words: revitalisation, gas pipeline, flexible pipe

Sažetak

Plinovod DN 200 Kozarac – Stružec sagrađen je 1970. godine od bešavnih čeličnih cijevi API 5L Grade B. Namjena mu je bila za transport prirodnog plina do mjerno-redukcijske (MRS) stanice Stružec (opskrba prirodnim plinom za selo Stružec) te do mjerno-redukcijske stanice Stružec-kompresorska stanica (MRS KS).

U početku plinovod je bio u vlasništvu tvrtke INA d.d. no nakon 2001. godine, osnivanjem tvrtke Plinacro d.o.o. za transport prirodnog plina, plinovod prelazi u vlasništvo spomenute tvrtke. Uzimajući u obzir starost plinovoda, način njegove izgradnje, lokaciju te činjenicu da je plinovodom sve teže ostvarivati siguran i pouzdan transport prirodnog plina potrebno je bilo ili izgraditi novi plinovod ili obaviti rekonstrukciju/revitalizaciju postojećeg. S obzirom da je izgradnja kao i rekonstrukcija postupak koji traje dulji vremenski period te uzimajući u obzir i financijski status samoga projekta, Plinacro je odlučio obaviti revitalizaciju plinovoda s fleksibilnim cijevima. Fleksibilna cijev je karakterizirana kao cijev koja je napravljena od više različitih slojeva

koji omogućuju njezinu savitljivost kao i čvrstoću. Osnovne prednosti su jednostavna i brza ugradnja, mali troškovi u odnosu na čeličnu cijev, odlična anti-korozivna svojstva te duži životni vijek uz minimalno održavanje.

Glavni projekt za revitalizaciju plinovoda DN 200 Kozarac-Stružec bio je gotov u ljeto 2017. godine. Nakon pregleda i procesa javne nabave, a i zbog početka ogrjevnice sezone 2017./2018., radovi na revitalizaciji predviđeni su za kolovoz i rujan 2018. Ovim načinom revitalizacije plinovoda, Plinacro postaje jedan od prvih operatera transportnog sustava u Europi koji fleksibilne cijevi upotrebljava za transport prirodnog plina.

Abstract

The gas pipeline Kozarac - Struzec DN 200 was constructed in 1970 of seamless pipes in accordance with API 5L Grade B. The gas pipeline was constructed by the INA plc. Company, as the investor, and was used for the delivery of natural gas for the metering - reduction station Struzec (distribution for village Struzec) and for the compressor station Struzec (fuel gas for compressor drivers).

After unbundling of Natural Gas Division from the INA plc. Company in 2001, the gas pipeline Kozarac - Struzec DN 200 is in the possession of the newly established company for transmission of natural gas,

PLINACRO Ltd., Croatian transmission system operator. Considering the age of the gas pipeline, its location and the necessity to provide safe and reliable gas transmission, it was necessary to either construct a new pipeline or to make a reconstruction/revitalization of the existing one. Since the pipeline construction is considerably more expensive and it requires more time (licence obtaining, public procurement...) Plinacro decided to conduct a revitalization of the gas pipeline with a flexible pipe considering the length of the gas pipeline and the fact that the pipeline is unpiggable so the condition of the wall thickness was unknown. Flexible pipe is characterized by a composite construction of layers of different materials, which allows bending without adverse effects on the pipe. The main advantages are fast, easy and inexpensive installation, excellent corrosion resistance, longer life with minimum maintenance, minimum number of field joints...

A detailed project for the revitalization of the gas pipeline Kozarac – Stružec with the flexible pipes was done in summer 2017 and the revitalization will start in august/september 2018.

1. Uvod

Tvrtka Plinacro d.o.o. kao operator transportnog sustava Republike Hrvatska sigurno i pouzdano upravlja i održava 2.693 kilometara čeličnih cjevovoda i to:

- 952 km plinovoda maksimalnog radnog tlaka 75 bara, promjera od DN 200 do DN 800 mm i
- 1.741 km plinovoda maksimalnog radnog tlaka 50 bara, promjera od DN 80 do DN 500

Plinovod DN 200 Kozarac – Stružec sagrađen je 1970. godine od bešavnih čeličnih cijevi API 5L Grade B. Nalazi se između dva grada, Popovače i Siska u Sisačko-moslavačkoj županiji. Plinovod je ukupne dužine 6.041 metar te prvenstveno služi za transport prirodnog plina sa plinskog čvora (PČ) Kozarac do kompresorske stanice Stružec u vlasništvu tvrtke INA d.d. Na plinovodu nema blokadnih stanica, katodno je štice te je građen bez mogućnosti čišćenja i pametnog (IN-LINE) ispitivanja.

U proteklih 10 godina, plinovod je popravljan šest puta, uglavnom zbog korozijskih oštećenja. Sama trasa plinovoda prolazi kroz naftno polje Stružec gdje se križa sa velikim brojem cjevovoda tvrtke INA d.d. Uzeći u obzir sve navedene informacije te prvenstveno

zbog nužne potrebe za sigurnim i pouzdanim transportom prirodnog plina, odluka o gradnji novog plinovoda ili revitalizaciji postojećeg morala je biti donesena. Kako bi dobili sve potrebne informacije prije donošenja konačne investicijske odluke, Plinacro je odlučio obaviti dodatna ispitivanja na plinovodu kako bi prikupili što više informacija o stanju plinovoda.

2. Pripremni radovi i ispitivanja plinovoda DN 200 Kozarac – Stružec

Tehnički podaci DN 200 Kozarac - Stružec:

- Projektni tlak: 50 bar
- Debljina stijenke: 7.04 mm
- Dužina plinovoda: 6.041 m
- Promjer plinovoda: 219.1 mm

Kako bi dobili uvid u stvarno stanje debljine stijenke plinovoda, na 10 kritičnih lokacija na plinovodu iskopane su jame kako bi uz pomoć ultrazvučne tehnologije izmjerili stvarnu debljinu stijenke plinovoda. Snimanje je izvršeno ultrazvučnim aparatom, a snimljene su četiri točke po obodu cijevi, međusobno izmaknute za 90°. Za svaku točku izvršena su tri mjerenja, a rezultat je dan za najmanju izmjerenu vrijednost. Preko 50 % svih mjerenja debljine stijenke bili su ispod dopuštene granice. Također na svim prelazima preko puteva i cesta prilikom gradnje nisu montirane zaštitne kolone dok na par mjesta plinovod je ukopan na samo 30 do 40 cm ispod tla.

Obzirom na navedeno prvobitna investicijska odluka bila je gradnja novog plinovoda od PČ Kozarac do MRS KS Stružec ukupne duljine 6.237 metara. Za gradnju novog plinovoda bilo je potrebno izmijeniti prostorne planove Sisačko-moslavačke županije, izraditi idejni projekt te ishoditi lokacijsku dozvolu, izraditi glavni projekt te ishoditi građevinsku dozvolu te na kraju izgraditi plinovod. Procjena za takav pothvat bila je minimalno 2 godine te oko 300.000 Eura po kilometru plinovoda. Sama rekonstrukcija plinovoda uključivala bi izradu projekta, ishođenje dozvola, zamjenu svih oštećenih cijevi, izmještanje dijela trase koji prolazi kroz naftno polje Stružec te bi za sve navedeno bilo potrebno slično vrijeme kao za gradnju novog uz malo manje troškove. Obzirom da je Plinacro u to vrijeme naveliko istraživao primjenu fleksibilnih cijevi za transport prirodnog plina, donijeta je odluka o revitalizaciji plinovoda sa fleksibilnim cijevima.

3. Fleksibilne cijevi

- **Proizvodnja** — nafta, plin, kondenzat i voda
- **Servis i injektiranje** – vode, kemikalija i plina
- **Transport** — nafte i tehnološkog plina

Projekt revitalizacije plinovoda DN 200 Kozarac – Stružec završen je u ljetu 2017. godine te je izrađen u skladu sa standardima:

- ASME B 31.3 – „Process piping“
- ASME B 16.5 – „Pipe flanges and flanged fittings“
- API Specification 17 J – „Specification for unbonded flexible pipe“
- API RP 17B – „Recommended Practice for Flexible Pipe“
- ISO 13628-2:2006 – „Petroleum and natural gas industries-Design and operation of subsea production systems-Part 2: Unbonded flexible pipe systems for subsea and marine application“

Proračuni su pokazali da fleksibilna cijev promjera DN 100 u potpunosti zadovoljava protočne količine od 2.500 m³/h što je za 40% više od energetske sukladnosti koja je izdana tvrtki INA d.d. za kompresorsku stanicu Stružec.



Slika 2. Primjer fleksibilne cijevi sa spojnica

Tehnički podaci za „Flexible pipe ANSI 300“:

- Dužina koluta: **500 m**
- Unutarnji promjer: **93 mm**
- Vanjski promjer: **116 mm**
- Radijus: **1.25 m**
- Masa prazne cijevi: **6.9 kg/m**
- Projektirani tlak: **50 bar**
- Maksimalna temperatura: **60 °C**
- Volumen plinovoda: **41 m³**

Struktura fleksibilnih cijevi:

- HDPE („High-density polyethylene”) sloj
- sloj čelične žice
- barijera
- dodatni čelični sloj za pojačanje
- vanjski HDPE sloj

4. Revitalizacija plinovoda DN 200 Kozarac - Stružec

Prije samih radova ugradnje potrebno je obaviti sve pripremne radove na pražnjenju i inertizaciji plinovoda kako bi se svi radovi mogli obaviti na siguran način. Potrebno je isprazniti plinovod od prirodnog plina i to ispuhivanjem prirodnog plina u atmosferu te nakon toga inertizirati cijeli plinovod dušikom. Pripremni radovi sastojati će se od građevinskih radova iskopa 14 lokacija u kojima će se obavljati uvlačenje fleksibilnih cijevi u postojeći plinovod DN 200.

Tablica 1: Lokacije iskopa

1	PČ KOZARAC	0+000	početna točka
2	1. lokacija iskopa	0+006	početna iskopana lokacija
3	2. lokacija iskopa	0+057	prelazak ispod ceste
4	3. lokacija iskopa	0+122	prelazak ispod ceste
5	4. lokacija iskopa	0+622	
6	5. lokacija iskopa	1+122	
7	6. lokacija iskopa	1+622	
8	7. lokacija iskopa	2+122	
9	8. lokacija iskopa	2+622	
10	9. lokacija iskopa	3+122	
11	10. lokacija iskopa	3+622	
12	11. lokacija iskopa	4+300	prelazak ispod ceste
13	12. lokacija iskopa	4+356	prelazak ispod ceste
14	13. lokacija iskopa	5+099	prelazak ispod ceste
15	14. lokacija iskopa	5+868	završna iskopana lokacija
16	MRS KS STRUŽEC	6+041	završna točka

Radi dokazivanja prohodnosti postojeći plinovod potrebno je kalibrirati i očistiti unutrašnjost stijenke plinovoda kako u postupku uvlačenja fleksibilne cijevi ne bi došlo do oštećenja vanjskog PE sloja. Čišćenje plinovoda izvodi se u dionicama između ulaznih i izlaznih jama (iskopa) pomoću klasičnog čistača te se samo gibanje čistača postiže pomoću kompresora. Čistač osim što očisti stjenku plinovoda na drugu stranu sa sobom nosi čelični kabel uz pomoć kojega vučemo fleksibilnu cijev između dvije lokacije iskopa.

Nakon čišćenja i kalibriranja jedne dionice, čeličnim kabelom i „glavom“ za povlačenje (koja je montirana na jednom kraju fleksibilne cijevi) uvučemo 500 metara fleksibilne cijevi u postojeći plinovod DN 200. Početak uvlačenja savitljive cijevi u postojeći cjevovod bit će na PČ Kozarac, a završetak s vanjske strane ograde na MRS KS Stružec.

Sila potrebna za uvlačenje cijevi:

$$F = \mu \times G \times L \times 9.81$$

F – sila u N

μ – koeficijent trenja 0,25 - 0,5

G (kg/m) – težina cijevi

L (m) – duljina cijevi

Sila povlačenja jednog koluta duljine 500 m iznosi:

$$F = 0,3 \times 6,9 \times 500 \times 9,81 = 10153,35 \text{ N}$$

Sila povlačenja jako ovisi o koeficijentu trenja koji je iskustvena veličina i teško ga je točno odrediti. Stoga ovaj proračun služi kao orijentir da se sila povlačenja ne prekorači. Osim toga prilikom uvlačenja postupit će se oprezno kako ne bi došlo do oštećenja cijevi.

Uvlačenjem 500 metara fleksibilne cijevi na kraju iste se, specijalnim strojem, utiskuje čelična spojnica. Stroj posjeduje alat za vanjsko i unutarnje uprešavanje spojnice na savitljivu cijev, tako da unutarnji promjer spojnice nakon uprešavanja mora biti unutar tolerancije od 2,5% od nazivnog unutarnjeg promjera cijevi, te ne smije smanjivati unutarnji promjer cjevovoda izvan zadanih tolerancija. Dva kraja uvučene cijevi, na kojima su čelične spojnice, zavare se po obodu. Svi zavari se vizualno i radiografski ispituju.

Nakon zavarivanja u navojnu rupu 1/8" NPT koja se nalazi na svakoj spojnici ugradi se vod za ventiliranje. Vod povezuje dvije spojnice i služi za sakupljanje eventualnog plina u međusloju fleksibilne cijevi. Prethodno opisani postupak se ponavlja u svim jamama do kraja plinovoda. Unutarnji sloj fleksibilne cijevi omogućuje prodiranje vrlo male količine plina u međuprostor cijevi. Sakupljeni plin se kroz vod širi do početka cijevi gdje se ispušta u atmosferu preko ventila. Količine tako sakupljenog plina su vrlo male i iznose $1,54 \times 10^{-6}$ kg/s

Novi kompozitni cjevovod mora imati nultu stopu emisije plinova kroz vanjsku stjenku cijevi.

Kod transporta prirodnog plina može doći do nakupljanja statičkog elektriciteta na cijevima od polimernih materijala. Čelični međusloj fleksibilnih cijevi odvodi statički elektricitet do krajnjih (završnih) priрубnica. Završne priрубnice su spojene na postojeću



Slika 3. Čistač sa kalibracijskom pločom



Slika 4. Vitlo za uvlačenje fleksibilne cijevi



Slika 5. Fleksibilna cijev nakon uvlačenja



Slika 6. Stroj za uprešavanje



Slika 7. Jedna jama sa dvije fleksibilne cijevi s spojnica

katodnu zaštitu. Ovime se onemogućuje nastanak iskrenja u mogućoj eksplozivnoj atmosferi.

Početnu točku plinovoda na PČ Kozarac i završnu točku plinovoda ispred ograde na MRS KS Stružec treba prilagoditi novom stanju. Na tim mjestima će se postojeća cijev DN 200 odrezati. Iz nje će izlaziti savitljiva cijev na čijem je kraju uprešana završna prirubnička spojnica od nehrđajućeg čelika (leteća prirubnica). Od tog mjesta pa nadalje cijev i armatura izvest će se od čelika uz maksimalno zadržavanje postojeće armature.

Podzemni dio cjevovoda s prirubnicom na početnoj i završnoj točki će se antikorozivno zaštititi. Izolacija cjevovoda izvodi se ovim redoslijedom: čišćenje cijevi, premazivanje primerom, oblaganje cijevi antikorozivnom izolacionom trakom, te oblaganje mehaničkom zaštitom (zaštitna traka). Također plinovod je potrebno nakon montaže ispitati kako bi se utvrdila eventualna odstupanja od projekta te kako bi se utvrdila nepropusnost/čvrstoća cjevovoda.

Ispitivanje cjevovoda se dijeli na:

- vizualni pregled
- ispitivanje na nepropusnost
- ispitivanje na čvrstoću (hidraulička tlačna proba)

Literatura

1. http://www.oilfieldwiki.com/wiki/Flexible_Risers, <http://www.flexsteelpipe.com/flexsteel-pipe.html>, <http://www.golsunpipe.com/content/?281.html>
2. Projekt Revitalizacije plinovoda, Inženjering za naftu i plin (3225-S-000-S01)
3. Monter SM d.d.

Sami radovi na uvlačenju obaviti će se tijekom kolovoza i rujna 2018. godine te će se odmah nakon završetka uvlačenja cijevi pristupiti završnim radovima spajanja plinovoda na plinski transportni sustav tvrtke Plinacro.

5. Zaključak

Fleksibilne cijevi se najčešće upotrebljavaju u offshore industriji dok se u onshore industriji najčešće upotrebljavaju u istraživanju i proizvodnji te u povezivanju bušotina ili transportu nafte, kondenzata i tehnološkog plina do rafinerija.

Operatori plinskih transportnih sustava kao Plinacro fleksibilne cijevi koriste jako rijetko ili ih do danas nisu razmatrali kao sredstvo za transport prirodnog plina do krajnjih korisnika. Razlog toga je što su plinovodi za transport prirodnog plina obično velikih promjera i velikih duljina dok su fleksibilne cijevi trenutno ograničene svojim promjerom. S obzirom da Plinacro ima preko 500 km plinovoda malih promjera i malih duljina koji povezuju transportni sustav sa krajnjim korisnicima, fleksibilne cijevi daju siguran i pouzdan način transporta prirodnog plina bez velikih troškova gradnje kao i vremena potrebnog za izgradnju. Prednosti fleksibilnih cijevi su:

- Sigurnost i pouzdanost transporta prirodnog plina;
- Jeftinija i brža ugradnja od čeličnih cijevi;
- Manji troškovi održavanja plinovoda.

Vrijeme potrebno za ugradnju fleksibilnih cijevi te za revitalizaciju plinovoda, računajući i vrijeme projektiranja, je oko 6 mjeseci dok su troškovi ugradnje i puštanja u rad za 50% manji nego kod gradnje čeličnih plinovoda.